

## ANALISIS BANGUNAN ASIMETRIS TERHADAP TINJAUAN DELATASI AKIBAT GAYA HORIZONTAL

**Syano Verdio Juvientrian**

Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Jakarta  
email: alghulam\_almuslim@yahoo.co.id

**Hidayat Mughnie**

PT Perencana Jaya  
email : hmugn@yahoo.com

**ABSTRAK :** Tujuan dilakukan penelitian ini adalah untuk menganalisis perilaku struktur bangunan asimetris yang diakibatkan gaya horizontal (gempa). Syarat-syarat yang digunakan yaitu PPIUG 1983 (pembebanan gedung), SNI 03-1726-2002 (analisis gempa), SNI 03-2847-2002 (analisis beton). Bangunan yang menjadi objek penelitian adalah gedung rumah sakit yang berada di Cibitung, Bekasi, Jawa Barat.

Struktur dimodelkan secara tiga dimensi dengan menggunakan Program Komputer ETABS V.9.7.1. Pembebanan yang diperhitungkan adalah beban mati, beban hidup, beban angin, dan beban gempa. Karena lokasi bangunan yang berada pada Wilayah Gempa 3 maka bangunan dianalisis dengan menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah (SRPMM) yang berada di atas tanah dengan kondisi sedang.

Berdasarkan analisis yang telah dilakukan, delatasi (pemisahan) bangunan memiliki dampak yang cukup signifikan terhadap bangunan asimetris. Dampak tersebut terdapat pada perbedaan perilaku bangunan yang dapat dilihat pada simpangan yang terjadi, gaya-gaya dalam pada struktur (kolom, balok, dan plat), dan penulangan yang digunakan pada bangunan tanpa delatasi dan bangunan dengan delatasi.

**Kata kunci :** Bangunan Asimetris, Delatasi, Gaya Horizontal, Gempa

**ABSTRACT:** The purpose of this research is done to analyze the behavior of structure building asymmetrical earthquake caused the style of a horizontal ( ). The terms used ppiug 1983 ( the imposition is building , sni 03-1726-2002 ) ( analysis of the quake , sni 03-2847-2002 ( concrete ) analysis . Who became the object of research building is located in the hospital building cibitung , bekasi , west java .

A structure modeled in three dimensions using a computer program etabs v.9.7.1 . The imposition that counts is the burden of dead , the burden of living , the burden of the wind , and the burden of the quake . Because the location of buildings in earthquake areas analyzed by building 3 then use the middle order pemikul moment ( srpmm located above the ground with the condition of being .

Based on the analysis that has been done delatasi ( splitting ) building have a significant impact on the asymmetrical. What the difference was in the building can be seen in a byway that happens, gaya-gaya in on a structure ( a column joist, and plate ) and penulangan that is used in building and building without delatasi with delatasi.

**Keywords:** Asymmetrical, building delatasi, horizontally, style earthquake

## PENDAHULUAN








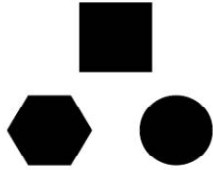
Objek penelitian yang merupakan gedung rumah sakit adalah pembangunan gedung baru. Pada pembangunan gedung baru ini, gedung akan dirancang menjadi konstruksi bangunan gedung 4 Lantai. Kemudian jika ditinjau dari bentuk bangunannya, maka bangunan ini termasuk bangunan yang tidak simetris (asimetris) berdasarkan kriteria yang ditentukan oleh SNI-1726-2002.

Dengan kondisi bangunan yang asimetris tersebut, letak titik berat bangunan tidak berada di tengah bangunan, hal ini tentu akan menimbulkan efek torsi yang cukup besar jika bangunan menerima beban horizontal, dalam hal ini beban gempa. Jika beban gempa terjadi secara berkelanjutan dengan periode yang cukup lama, maka efek torsi pun akan semakin besar, dampaknya bangunan akan mengalami deformasi yang besar sehingga bangunan menjadi inelastis. Maka diperkirakan hal yang berpengaruh besar terhadap kerusakan bangunan adalah diakibatkan efek torsi tersebut.

Salah satu yang dapat dilakukan untuk mereduksi efek torsi ini adalah dengan membuat pemisahan elemen struktur antar unit bangunan yang memiliki bentuk ataupun orientasi berbeda, dikenal dengan istilah delatasi. Hal ini dilakukan agar beban yang bekerja dapat terbagi pada titik berat bangunan masing-masing. Dengan demikian efek kerusakan yang parah pada bangunan asimetris akibat beban horizontal (beban gempa) dapat diminimalisir. Lain halnya jika bangunan asimetris tidak memiliki delatasi, tentu akan berdampak rawannya bangunan terhadap kerusakan akibat beban gempa

serta akan membutuhkan struktur yang relatif lebih besar dibandingkan dengan bangunan dengan delatasi.

Menteri Pekerjaan Umum telah mengatur pedoman persyaratan teknis untuk bangunan gedung asimetris yang termuat pada Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor : 29/PRT/M/2006 tentang Pedoman Persyaratan Teknis Bangunan Gedung, seperti yang disajikan pada Gambar 1.

KURANG BAIK	SEBAIKNYA
	
	
	
	

Gambar 1. Pemisahan Struktur pada Bangunan Asimetris

Dari latar belakang tersebut diuraikan permasalahan sebagai berikut:

1. Dengan adanya beban yang bekerja pada bangunan seperti beban gravitasi maupun beban lateral (horizontal), apakah struktur kuat menahan beban tersebut?
2. Bagaimana tingkat kenyamanan bangunan jika ditinjau terhadap lendutan yang terjadi?

3. Seperti apakah perilaku struktur bangunan akibat beban horizontal yang bekerja?
4. Bagaimana beban horizontal mempengaruhi bangunan sehingga dapat menyebabkan efek torsi yang besar?
5. Metode delatasi seperti apakah yang tepat untuk mereduksi efek torsi tersebut?
6. Apakah terjadi perubahan bentuk struktur dengan adanya delatasi tersebut?
7. Berapa besarkah perubahan volume yang terjadi jika bangunan menggunakan delatasi jika dibandingkan tanpa delatasi?

### **Struktur Bangunan Asimetris**

Secara umum berdasarkan SNI-1726-2002 pada Bab 4.2 tentang Struktur Gedung Beraturan dan Tidak Beraturan, yang dimaksud dengan bangunan asimetris yaitu bangunan yang memiliki ketentuan sebagai berikut:

- Tinggi struktur gedung diukur dari taraf penjepitan lateral melebihi dari 10 tingkat atau di atas 40 m.
- Denah struktur gedung berbentuk tidak beraturan atau persegi panjang yang memiliki tonjolan lebih dari 25% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah tonjolan tersebut.
- Denah struktur gedung menunjukkan coakan sudut, dengan panjang sisi coakan tersebut melebihi 15% dari ukuran terbesar denah struktur gedung dalam arah sisi coakan tersebut.

- Sistem struktur gedung terbentuk oleh subsistem-subsistem penahan beban lateral yang arahnya saling tegak lurus dan sejajar dengan sumbu-sumbu utama orthogonal denah struktur gedung secara keseluruhan.
- Sistem struktur gedung menunjukkan loncatan bidang muka yang signifikan terhadap gedung sebelah bawahnya.
- Sistem struktur gedung memiliki kekakuan lateral yang tidak beraturan, yaitu kekakuan lateral suatu tingkat adalah melebihi 70% kekakuan lateral tingkat di atasnya atau melebihi 80% kekakuan lateral rata-rata 3 tingkat di atasnya. Dalam hal ini, yang dimaksud dengan kekakuan lateral suatu tingkat adalah gaya geser yang bila bekerja di tingkat itu menyebabkan satu satuan simpangan antar-tingkat.
- Sistem struktur gedung memiliki berat lantai tingkat yang tidak beraturan, setiap lantai tingkat memiliki berat yang lebih dari 150% dari berat lantai tingkat di atasnya atau di bawahnya.
- Sistem struktur gedung memiliki unsur-unsur vertikal dari sistem penahan beban lateral dengan perpindahan titik berat lebih dari setengah ukuran unsur dalam arah perpindahan tersebut.
- Sistem struktur gedung memiliki lantai lubang atau bukaan yang luasnya lebih dari 50% luas seluruh lantai tingkat. Jumlah lantai tingkat dengan lubang atau bukaan seperti itu melebihi 20% dari jumlah lantai tingkat seluruhnya.

Kemudian juga disebutkan dalam SNI-1726-2002 Bab 4.2.2. untuk bangunan struktur asimetris, pengaruh gempa rencana harus ditinjau sebagai pengaruh gempa dinamik, sehingga analisisnya harus dilakukan berdasarkan analisis respons dinamik.

### **Perencanaan Struktur Gedung Tidak Beraturan**

Berdasarkan SNI-1726-2002, pada struktur gedung tidak beraturan pengaruh Gempa Rencana terhadap struktur gedung tersebut harus ditentukan melalui analisis respons dinamik 3 dimensi. Untuk mencegah terjadinya respon struktur gedung terhadap pembebanan gempa yang dominan dalam rotasi, dari hasil analisis vibrasi bebas 3 dimensi, paling tidak gerak ragam pertama (fundamental) harus dominan dalam translasi.

Daktilitas struktur gedung tidak beraturan harus ditentukan yang representatif mewakili daktilitas struktur 3D. Tingkat daktilitas tersebut dapat dinyatakan dalam faktor reduksi gempa R representatif, yang nilainya dapat dihitung sebagai nilai rata-rata berbobot dari faktor reduksi gempa untuk 2 arah sumbu koordinat ortogonal dengan gaya geser dasar yang dipikul oleh struktur gedung dalam masing-masing arah tersebut sebagai besaran pembobotnya menurut persamaan di bawah ini.

$$R = \frac{V_x^0 + V_y^0}{V_x^0/R_x + V_y^0/R_y}$$

Nilai akhir respon dinamik struktur gedung terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana dalam suatu arah tertentu, tidak boleh diambil kurang dari 80% nilai respon ragam yang pertama. Bila respon dinamik struktur gedung dinyatakan dalam gaya geser dasar nominal  $V$ , maka persyaratan tersebut dapat dinyatakan menurut persamaan seperti di bawah ini.

$$V_t \geq 0.8 V_1$$

$$V_1 = C_1 \times I \times W_t / R$$

Perhitungan respons dinamik struktur gedung tidak beraturan terhadap pembebanan gempa nominal akibat pengaruh Gempa Rencana, dapat dilakukan dengan metoda analisis ragam spektrum respons dengan memakai Spektrum Respons Gempa Rencana menurut Gambar 2 yang nilai ordinatnya dikalikan faktor koreksi  $I/R$ , di mana  $I$  adalah Faktor Keutamaan, sedangkan  $R$  adalah faktor reduksi gempa representatif dari struktur gedung yang bersangkutan. Dalam hal ini, jumlah ragam vibrasi yang ditinjau dalam penjumlahan respons ragam menurut metoda ini harus sedemikian rupa, sehingga partisipasi massa dalam menghasilkan respons total harus mencapai sekurang-kurangnya 90%.

### **Ketentuan Delatasi untuk Bangunan Gedung**

Besarnya delatasi pada bangunan gedung sangat dipengaruhi oleh besarnya simpangan yang terjadi. Pada SNI 1726-2002 simpangan gedung ditinjau berdasarkan kinerja batas layan dan kinerja batas ultimit.

### 1. Kinerja Batas Layan

Kinerja batas layan struktur gedung ditentukan oleh simpangan antar-tingkat akibat pengaruh Gempa Rencana, yaitu untuk membatasi terjadinya pelelehan baja dan peretakan beton yang berlebihan, di samping untuk mencegah kerusakan non-struktur dan ketidaknyamanan penghuni. Simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung tersebut akibat pengaruh Gempa Nominal yang telah dibagi Faktor Skala.

$$\Delta \leq 0.03 \times h / R$$

$$\Delta = 30 \text{ mm}$$

nilai simpangan diambil yang terkecil dari kedua rumus di atas.

### 2. Kinerja Batas Ultimit

Kinerja batas ultimit struktur gedung ditentukan oleh simpangan dan simpangan antar-tingkat maksimum struktur gedung akibat pengaruh Gempa Rencana dalam kondisi struktur gedung di ambang keruntuhan, yaitu untuk membatasi kemungkinan terjadinya keruntuhan struktur gedung yang dapat menimbulkan korban jiwa manusia dan untuk mencegah benturan berbahaya antar-gedung atau antar bagian struktur gedung yang dipisah dengan sela pemisah (sela delatasi). Simpangan dan simpangan antar-tingkat ini harus dihitung dari simpangan struktur gedung akibat pembebanan gempa nominal, dikalikan dengan suatu faktor pengali  $\xi$  sebagai berikut :

➤ untuk struktur gedung beraturan

$$\xi = 0.7 \times R$$

➤ untuk struktur gedung tidak beraturan

$$\xi = 0.7 \times R / \text{faktor skala}$$

$$\text{faktor skala} = (0.8 \times V_1 / V_t) \geq 1$$

Untuk memenuhi persyaratan kinerja batas ultimit struktur gedung, dalam segala hal simpangan antar-tingkat yang dihitung dari simpangan struktur gedung tidak boleh melampaui 0,02 kali tinggi tingkat yang bersangkutan.

$$\Delta \leq 0.02 \times h$$

Jarak pemisah antar-gedung harus ditentukan sebagai berikut:

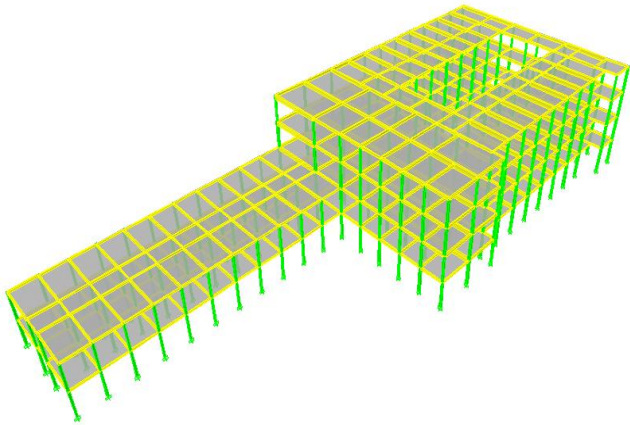
$$s = \Delta \text{ ultimit}$$

$$s \geq 0.025 \times h$$

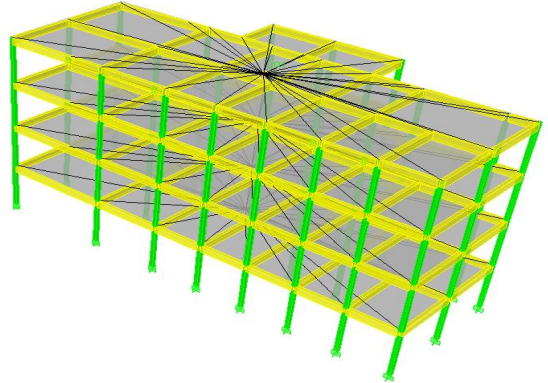
$$s \geq 75 \text{ mm}$$

### Rancangan Penelitian

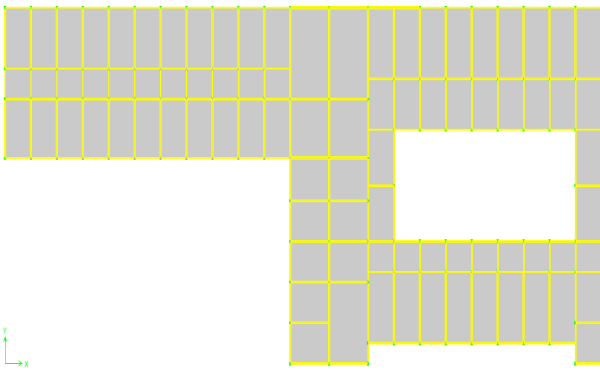
Dalam penelitian ini hanya akan difokuskan untuk membahas perilaku bangunan asimetris dengan adanya delatasi. Untuk mengaplikasikan teori tentang pengaruh gempa pada bangunan asimetris, model bangunan akan dipisah menjadi empat bidang bangunan yang dikelompokkan berdasarkan pusat massa strukturnya. Struktur asimetris akan dianalisis dengan pemodelan struktur menggunakan aplikasi ETABS V.9.7.1. Data yang diperlukan untuk menyelesaikan analisis ini adalah PPIUG 1983, SNI 03-1726-2002, dan SNI 03-2847-2002. Pemodelan struktur disajikan pada gambar 2 sampai dengan gambar 6.



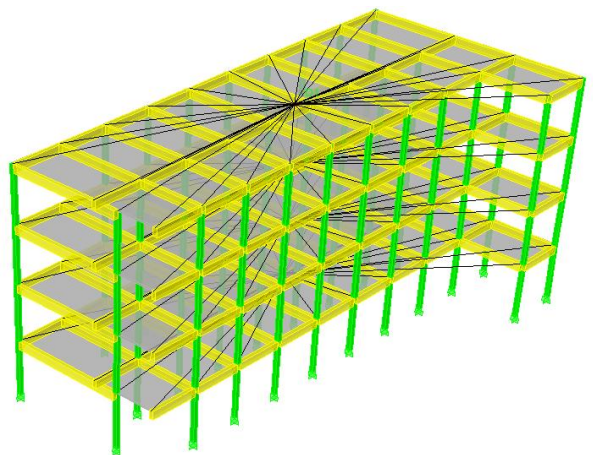
Gambar 2. Pemodelan struktur tiga dimensi



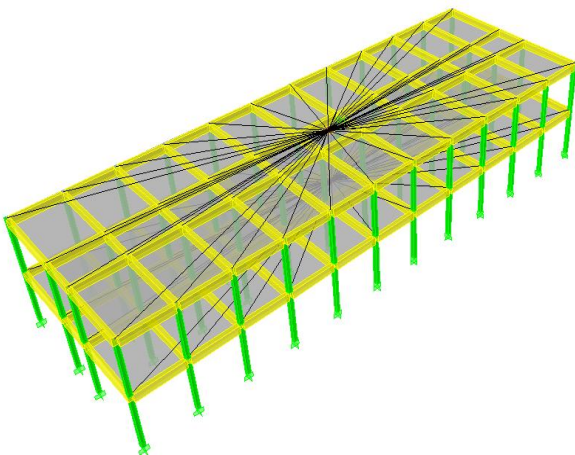
Gambar 5. Pusat massa bangunan dengan delatasi Bidang B



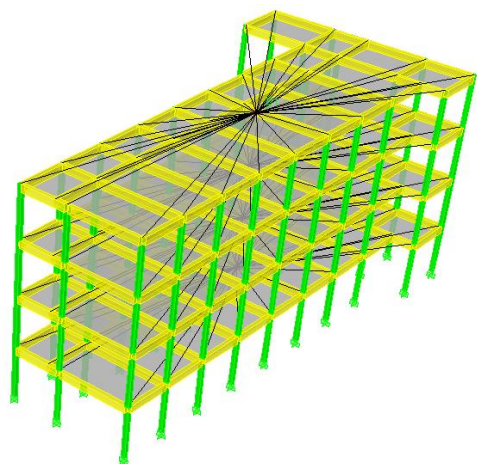
Gambar 3. Rencana Delatasi



Gambar 6. Pusat massa bangunan dengan delatasi Bidang C



Gambar 4. Pusat massa bangunan dengan delatasi Bidang A



Gambar 6. Pusat massa bangunan dengan delatasi Bidang D



Bangunan gedung rumah sakit ini berlokasi di Cibitung. Jika ditinjau terhadap peta wilayah gempa, maka gedung ini termasuk ke dalam Wilayah Gempa 3. Diasumsikan bangunan didirikan di atas tanah sedang. Sistem struktur menggunakan Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah dengan faktor reduksi beban gempa sebesar 5,5. Seluruh elemen struktur (kolom, balok, dan plat lantai) direncanakan menggunakan material beton bertulang dengan mutu  $F'c$  25 MPa.

### Metode Analisis

Struktur akan dianalisis berdasarkan simpangan yang terjadi untuk mendapatkan jarak delatasi bangunan. Semakin besar simpangan yang terjadi, maka jarak delatasi yang dibutuhkan akan semakin besar.

Kemudian struktur akan dianalisis untuk mendapatkan dimensi elemen struktur yang aman untuk menahan beban-beban yang bekerja. Analisis ini ditinjau berdasarkan gaya-gaya dalam yang bekerja.

Pada akhirnya akan dilakukan studi berdasarkan perilaku struktur dan volume penulangan struktur.

### Konfigurasi dan Spesifikasi Gedung

Dari perhitungan yang dilakukan diperoleh data spesifikasi elemen-elemen struktur bangunan seperti yang disajikan pada tabel 1.

Tabel 1. Konfigurasi dan spesifikasi gedung

Lantai	Tinggi Lantai (m)	Mutu ( $f'c$ ) (Mpa)	Elastisitas ( $E_c$ ) (Mpa)	Dimensi Struktur		
				Kolom (cm)	Balok (cm)	Plat (cm)
1	4.2	25	23500	30/30	30/60	14
2	4.25	25	23500	30/30	30/60	14
3	4.25	25	23500	30/30	30/60	14
4	4.2	25	23500	30/30	30/60	14

### Pembebanan Gedung

Beban yang bekerja pada struktur adalah sebagai berikut:

#### a. Beban Mati

- Beban sendiri struktur kolom, balok, dan plat
- Pada lantai (lantai 2 – 4)
  - plafon dan rangka : 18 kg/m<sup>2</sup>
  - spesi (2 cm) : 42 kg/m<sup>2</sup>

➤ penutup keramik : 24kg/m<sup>2</sup>

➤ dinding setengah bata : 250kg/m<sup>2</sup>

- Pada atap dak

➤ plafon dan rangka : 18kg/m<sup>2</sup>

#### b. Beban Hidup

- Pada lantai (lantai 2 – 4) : 250kg/m<sup>2</sup>

- Pada atap dak : 100kg/m<sup>2</sup>

#### c. Beban Angin : 40kg/m<sup>2</sup>

#### d. Pembebanan Gempa

- Lokasi : Cibitung, Jawa Barat

- Wilayah gempa : Wilayah Gempa 3
- Sistem Struktur : Sistem Rangka Pemikul Momen Menengah
- Tanah dasar : Tanah Sedang
- Jenis Bangunan : Rumah Sakit
- Faktor Keutamaan (I) : 1.4
- Faktor Reduksi (R) : 5.5
- Gravitasi : 9.81 m/s<sup>2</sup>
- Skala Gempa : 2.497

#### Analisis Beban Gempa Respon Spektra

Kontrol partisipasi massa untuk menghasilkan respon total melebihi 90% pada arah sumbu x, sumbu y, dan sumbu rotasi z disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Partisipasi massa pada tiap mode gempa

Ragam	Perioda	SumUX	SumUY	SumRZ
1	1.192612	0.7628	67.6088	19.1747
2	1.072769	83.3562	68.5985	19.1888
3	0.855787	83.4632	81.1622	72.2042
4	0.514813	84.3455	90.7063	90.597
5	0.439408	95.5572	92.2845	90.6112
6	0.407837	96.5347	96.3483	95.3941
7	0.266265	96.7779	98.2364	95.4081
8	0.261871	98.7384	98.6395	95.5511
9	0.247328	99.0931	98.6959	97.0805
10	0.231161	99.2271	99.7178	99.5058
11	0.220466	99.9538	99.8945	99.511
12	0.206392	100	100	100

Kontrol nilai gaya geser nominal total melebihi 80% dari nilai gaya geser pada respon ragam yang pertama (V<sub>1</sub>) pada arah x dan arah y disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Kontrol gaya geser nominal terhadap gaya geser ragam pertama

Lantai	V <sub>x</sub> kN	V <sub>y</sub> kN	0.8 x V <sub>1</sub> kN
1	2639.89	2095.87	4329.933
2	2185.62	1750.86	
3	1588.91	1280.13	
4	921.87	707.72	
<b>Total</b>	<b>7336.29</b>	<b>5834.58</b>	
<b>Rasio</b>	<b>1.694</b>	<b>1.347</b>	

#### Simpangan Lantai yang Terjadi

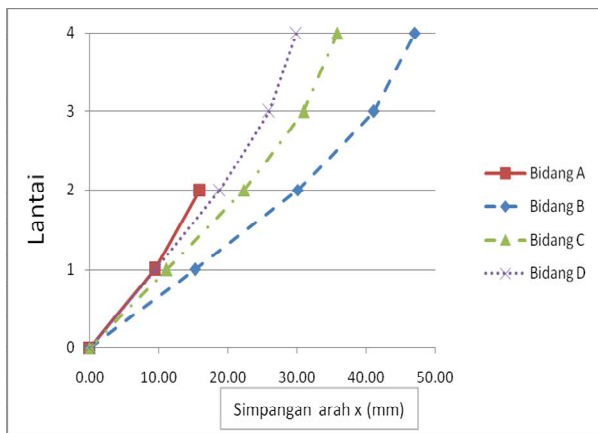
Dari hasil analisis beban gempa zona 3 dengan program ETABS V.9.7.1 didapat simpangan simpangan total dan per lantai arah x seperti yang disajikan pada tabel 4.



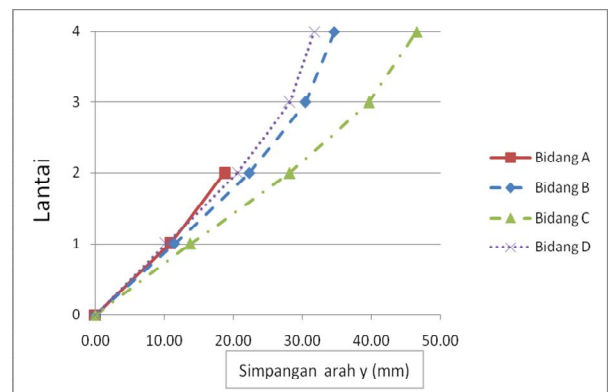
Tabel 4. Simpangan total dan per lantai

Tinjauan	Lantai	Bidang A	Bidang B	Bidang C	Bidang D
<b>Simpangan Total (x)</b> (mm)	<b>4</b>		47.00	35.80	29.90
	<b>3</b>		41.10	30.90	25.90
	<b>2</b>	15.90	30.10	22.30	18.80
	<b>1</b>	9.40	15.20	11.10	9.50
<b>Simpangan Total (y)</b> (mm)	<b>4</b>		34.60	46.50	31.70
	<b>3</b>		30.40	39.60	28.10
	<b>2</b>	18.70	22.30	28.10	20.60
	<b>1</b>	10.80	11.40	13.70	10.20
<b>Simpangan Per Lantai (x)</b> (mm)	<b>4</b>		5.90	4.90	4.00
	<b>3</b>		11.00	8.60	7.10
	<b>2</b>	6.50	14.90	11.20	9.30
	<b>1</b>	9.40	15.20	11.10	9.50
<b>Simpangan Per Lantai (y)</b> (mm)	<b>4</b>		4.20	6.90	3.60
	<b>3</b>		8.10	11.50	7.50
	<b>2</b>	7.90	10.90	14.40	10.40
	<b>1</b>	10.80	11.40	13.70	10.20

Grafik perbandingan simpangan arah x dan arah y untuk masing-masing bidang bangunan ditampilkan pada gambar 7 dan gambar 8.



Gambar 7. Grafik perbandingan simpangan total arah x



Gambar 8. Grafik perbandingan simpangan total arah y

#### Jarak Delatasi yang Digunakan

Berdasarkan SNI 03-1726-2002 nilai simpangan ditentukan berdasarkan nilai simpangan ultimit yang terjadi atau tidak

boleh kurang dari 75 mm atau tidak boleh kurang dari 2,5 % dari tinggi lantai.

$\Delta$  ultimit maksimum = 58.52mm

- Batasan jarak delatasi:

Minimum 75 mm,

atau 2.5 % x tinggi lantai =  $0.025 \times 4.25$

= 1.0625 m

= 106.25mm

Sehingga jarak delatasi yang digunakan sebesar 106.25 mm.

Tinjauan	( $\Sigma \Delta_{total}$ )	Jarak Delatasi	Tinjauan
A - B (sumbu x)	46.00	106.25	Aman
B - C (sumbu x)	82.80	106.25	Aman
B - D (sumbu x)	76.90	106.25	Aman
C - D (sumbu y)	78.20	106.25	Aman

Tabel 5. Kontrol jarak delatasi terhadap jumlah simpangan maksimum antar bidang bangunan

### Gaya-gaya Dalam Struktur Delatasi

Dari hasil analisis beban gempa zona 3 dengan program ETABS V.9.7.1 didapat gaya-gaya dalam untuk kolom, balok, dan plat setiap bidang bangunan seperti yang disajikan pada tabel 6 sampai dengan tabel 8.

Tabel 6. Gaya-gaya dalam kolom

Tinjauan	Lantai	Bidang A	Bidang B	Bidang C	Bidang D
<b>Gaya Aksial</b> (kN)	<b>1</b>	635.06	2575.98	1843.13	1677.83
	<b>2</b>	262.40	1795.86	1315.43	1145.25
	<b>3</b>		1086.55	777.73	668.40
	<b>4</b>		389.06	253.05	212.99
<b>Gaya Geser</b> (kNm)	<b>1</b>	33.39	45.72	43.28	35.29
	<b>2</b>	33.86	62.11	51.96	46.59
	<b>3</b>		58.74	48.26	44.40
	<b>4</b>		49.66	38.65	37.45
<b>Gaya Momen</b> (kNm)	<b>1</b>	65.06	82.44	84.81	65.46
	<b>2</b>	70.43	131.99	110.76	98.72
	<b>3</b>		123.32	100.91	93.13
	<b>4</b>		107.41	85.39	80.62

Tabel 7. Gaya-gaya dalam balok

Tinjauan	Lantai	Bidang A	Bidang B	Bidang C	Bidang D
<b>Gaya Geser</b> (kNm)	<b>1</b>	135.12	232.85	169.29	156.52
	<b>2</b>	110.83	224.67	164.63	147.00
	<b>3</b>		222.87	162.85	148.17
	<b>4</b>		122.62	81.14	79.35
<b>Gaya Momen</b> (kNm)	<b>1</b>	209.64	330.71	257.42	193.90
	<b>2</b>	155.26	297.16	271.95	199.57
	<b>3</b>		300.12	263.01	205.85
	<b>4</b>		188.50	126.21	134.09

Tabel 8. Gaya-gaya dalam plat

Tinjauan	Lantai	Bidang A	Bidang B	Bidang C	Bidang D
<b>Gaya Momen</b> (kNm)	<b>1</b>	13.47	36.46	15.93	24.60
	<b>2</b>	10.24	37.53	16.74	24.42
	<b>3</b>		35.60	16.29	23.41
	<b>4</b>		19.81	8.23	15.61

### Luas Penulangan Terpasang

Dari hasil analisis beban gempa zona 3 dengan program ETABS V.9.7.1 didapat luas penulangan terpasang untuk kolom, balok, dan plat setiap bidang bangunan seperti yang disajikan pada tabel 9 sampai dengan tabel 11.

Tabel 9. Luas penulangan terpasang kolom

Tinjauan	Lantai	Bidang A	Bidang B	Bidang C	Bidang D
<b>Tulangan Longitudinal</b> (mm <sup>2</sup> )	<b>1</b>	3359.00	13120.00	8769.00	7035.00
	<b>2</b>	1839.00	8888.00	8959.00	8224.00
	<b>3</b>		7532.00	5565.00	3805.00
	<b>4</b>		3878.00	2664.00	2472.00
<b>Tulangan Geser</b> (mm <sup>2</sup> )	<b>1</b>	431.00	2522.00	1595.00	1227.00
	<b>2</b>	1131.00	2279.00	1886.00	1098.00
	<b>3</b>		2475.00	2069.00	1060.00
	<b>4</b>		711.00	1770.00	1569.00

Tabel 9. Luas penulangan terpasang balok

Tinjauan	Lantai	Bidang A	Bidang B	Bidang C	Bidang D
<b>Tulangan Longitudinal</b> (mm <sup>2</sup> )	<b>1</b>	1884.00	4118.00	1172.00	1151.00
	<b>2</b>	1434.00	3862.00	1279.00	1187.00
	<b>3</b>		3809.00	1312.00	1228.00
	<b>4</b>		2044.00	739.00	780.00
<b>Tulangan Geser</b> (mm <sup>2</sup> )	<b>1</b>	594.00	2692.00	1724.00	1493.00
	<b>2</b>	431.00	2519.00	1606.00	1332.00
	<b>3</b>		2478.00	1529.00	1296.00
	<b>4</b>		882.00	431.00	431.00

Tabel 10. Luas penulangan terpasang plat

Tinjauan	Lantai	Bidang A	Bidang B	Bidang C	Bidang D
<b>Tulangan Longitudinal</b> (mm <sup>2</sup> )	<b>1</b>	470.14	1273.13	556.13	858.79
	<b>2</b>	357.57	1310.23	584.62	852.71
	<b>3</b>		1242.98	568.69	817.25
	<b>4</b>		691.61	287.50	544.94

## Kesimpulan

Setelah dilakukan analisis terhadap bangunan asimetris gedung rumah sakit yang berlokasi di Cibitung terhadap tinjauan delatasi akibat beban horizontal gempa menurut SNI 03-1726-2002, diperoleh kesimpulan:

### a. Kontrol partisipasi massa

Partisipasi massa pada tiap-tiap derajat kebebasan bangunan untuk menghasilkan respon total melebihi 90% tercapai pada ragam 5.

### b. Kontrol gaya geser gempa

Hasil kontrol gaya geser dasar diperoleh gaya geser nominal ( $V_t$ ) memenuhi persyaratan batas minimum 80% terhadap gaya geser ragam pertama ( $V_1$ ).

### c. Kontrol simpangan

- Simpangan tiap lantai yang terjadi pada bangunan untuk arah sumbu x dan sumbu y memenuhi persyaratan kinerja batas layan. Adapun syarat nilai kinerja batas layan tiap lantai berturut-turut dari lantai satu sampai lantai empat yaitu 22,91 mm, 23,18 mm, 23,18 mm, dan 22,91 mm.
- Simpangan batas ultimit yang terjadi pada bangunan untuk arah sumbu x dan sumbu y memenuhi persyaratan simpangan maksimum. Adapun syarat nilai simpangan maksimum berturut-turut dari lantai satu sampai lantai empat yaitu 84 mm, 85 mm, 85 mm, dan 84 mm.
- Jarak delatasi yang digunakan untuk bangunan delatasi sebesar 106.25 mm. Jarak ini masih aman jika

dibandingkan dengan jumlah simpangan total maksimum antar bidang bangunan yang saling bersampingan pada arah yang memungkinkan terjadinya benturan.

- d. Gaya-gaya dalam  
Perbedaan nilai gaya-gaya dalam pada setiap bidang bangunan dipengaruhi oleh pusat massa bangunan yang tidak berada pada satu titik.
- e. Luas penulangan terpasang  
Perbedaan nilai gaya-gaya dalam pada setiap bidang bangunan dipengaruhi oleh nilai gaya-gaya dalam yang ada. Luas penulangan terpasang sebanding dengan gaya-gaya dalam yang terjadi.

#### Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **Tata Cara Perhitungan Struktur Beton untuk Bangunan Gedung**, SNI 03 – 2847 – 2002
- Badan Standardisasi Nasional. 2002. **Standar Perencanaan Ketahanan Gempa untuk Struktur Bangunan Gedung**, SNI 03 – 1726 – 2002
- Dipohusodo, Istimawan. 1994. **Struktur Beton Bertulang**. PT. Gramedia Pustaka Utama. Depok: 1994
- Direktorat Penyelidikan Masalah Bangunan. 1983. **Peraturan Pembebanan Indonesia Untuk Gedung 1983**. Yayasan Lembaga Penyelidikan Masalah Bangunan. Bandung: 1981
- Universitas Ngurah Rai. 2010. Astriani, Ni Kadek. **Pengaruh Torsi Pada Bangunan**. GaneC Swara. Denpasar: 2010
- Menteri Pekerjaan Umum. 2006 **Persyaratan Teknis Bangunan Gedung** Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor: 29/PRT/M/2006.